

S2 1 PN='8-055774'
?t 2/5/1

2/5/1
DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2003 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05100274 **Image available**
FILTER DEVICE FOR ALIGNER

PUB. NO.: 08-055774 [JP 8055774 A]
PUBLISHED: February 27, 1996 (19960227)
INVENTOR(s): HAGIWARA SHIGERU
APPLICANT(s): NIKON CORP [000411] (A Japanese Company or Corporation),
JP
(Japan)
APPL. NO.: 06-188341 [JP 94188341]
FILED: August 10, 1994 (19940810)
INTL CLASS: [6] H01L-021/027; G03F-007/20
JAPIO CLASS: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 29.1
(PRECISION
INSTRUMENTS -- Photography & Cinematography)
JAPIO KEYWORD:R005 (PIEZOELECTRIC FERROELECTRIC SUBSTANCES); R131
(INFORMATION PROCESSING -- Microcomputers &
Microprocessors)

ABSTRACT

PURPOSE: To remove impurities which causes clouds on an optical member from environmental air, with a specified means, and judges the life of the means by a simple method, in a filter for an aligner which uses light, especially, in ultraviolet zone as exposure light.

CONSTITUTION: A chemical filter 42 for removing impurities which cause clouds in an optical member is installed in an air intake, and further a gas sensor 43, which adsorb impurities proportionate to the quantity of impurities passing through the chemical filter 42, is provided upstream of the chemical filter 42, thus air free from noxious impurities is supplied to the periphery of an aligner, and also the life of the chemical filter 42 is judged by a frequency measuring part 54, which measures the resonance frequency of the gas sensor 43, a judger 58, etc.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-55774

(43)公開日 平成8年(1996)2月27日

(51)Int.Cl.⁶ 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/20

5 0 1

H 0 1 L 21/ 30

5 1 5 D

5 2 7

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平6-188341

(22)出願日 平成6年(1994)8月10日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 萩原 茂

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

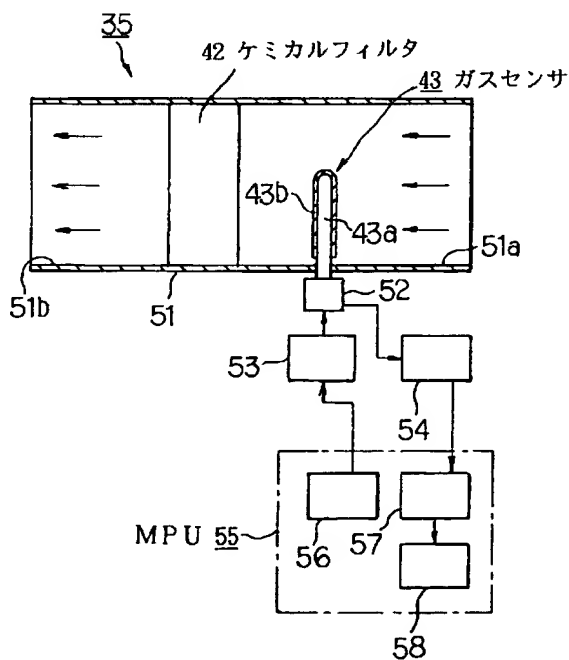
(74)代理人 弁理士 大森 聡

(54)【発明の名称】 露光装置用のフィルタ装置

(57)【要約】

【目的】 特に紫外域の光を露光光として使用する露光装置用のフィルタにおいて、環境空気中から光学部材の白濁の原因となる不純物を所定の手段で除去し、その手段の寿命を簡便な方法により判定する。

【構成】 空気取り入れ口に光学部材の白濁の原因となる不純物を除去するケミカルフィルタ42を設置し、更にそのケミカルフィルタ42の上流側にケミカルフィルタ42を通過する不純物の量に比例する不純物を吸着するガスセンサ43を設け、有害な不純物を除去した空気を露光装置の周囲に供給すると共に、ガスセンサ43の共振周波数を測定する周波数測定部54及び判定部58等によりケミカルフィルタ42の寿命を判定する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光装置の周囲で所定方向に流れる気体用のフィルタ装置において、

アンモニア、アミン系化合物、硫酸化合物、及び珪素化合物よりなる物質群から選ばれた所定の物質を前記気体から除去するフィルタ手段と、

該フィルタ手段に対する前記気体の流入側で前記所定の物質を吸着する吸着体と、

該吸着体に吸着される物質の量を計測する計測手段と、

該計測手段による計測結果に基づいて前記フィルタ手段の寿命を判定する判定手段と、を備えたことを特徴とする露光装置用のフィルタ装置。

【請求項2】 前記計測手段は、前記吸着体の共振周波数を検出する周波数検出手段と、

該周波数検出手段の検出結果より前記吸着体に吸着された物質の量を求める演算手段とよりなることを特徴とする請求項1記載の露光装置用のフィルタ装置。

【請求項3】 前記フィルタ手段からの前記気体の排出口に塵除去用のフィルタを設置したことを特徴とする請求項1又は2記載の露光装置用のフィルタ装置。

【請求項4】 前記露光装置が外気と隔離されたチャンバ内に設置されている場合に、前記フィルタ手段及び前記吸着体を前記チャンバに対する外気の導入口に設置したことを特徴とする請求項1、2又は3記載の露光装置用のフィルタ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は露光装置に使用される空気中の汚染物を除去するためのフィルタに関し、特に紫外域の光を射出する光源を有する露光装置で用いる場合に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、放電ランプからの光で被照明物体を照明する装置が種々の分野で様々な用途に使用されているが、中でもLSI等の半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される縮小投影型露光装置（ステッパー、アライナー等）においては、超高圧水銀ランプ（Hgランプ、Xe-Hgランプ等）から出力される光の内の特定の波長の光（波長365nmのi線、波長436nmのg線等）で転写用のパターンが形成されたレチクルを照明する装置が使用されている。

【0003】 斯かる投影露光装置においては、より一層微細なパターンを高い解像度で感光基板上に転写するための研究開発が鋭意進められている。一般に、投影露光装置の投影光学系の開口数をNA、露光光の波長をλとすると、その投影露光装置の解像度R及び焦点深度DOFは次のように表すことができる。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad (1)$$

$$DOF = k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad (2)$$

2

但し、上式において、 k_1 及び k_2 はそれぞれプロセスによって決まる係数である。上式によれば、パターンの微細化は次の2つの手法の何れかにより達成される。

①投影光学系の開口数NAの拡大

②露光光の波長（露光波長）λの短波長化

【0004】 これら2つの手法の内の投影光学系の開口数については、近年開口数が0.5～0.6といった大きな開口の投影光学系が実現されており、これにより解像度は向上している。しかしながら、単に投影光学系の開口数NAを大きくすると、(2)式より、焦点深度DOFが開口数NAの自乗に反比例して小さくなるという不都合がある。一般に、実際の半導体プロセスにおいては、先工程で段差の生じたウエハ上に回路パターンを露光する必要があり、また、ウエハ自身の平面度誤差等を吸収する必要もあるため、焦点深度DOFとしては充分大きな値が確保される必要がある。

【0005】 これに対して、露光波長λを短波長化する方式では、(2)式から明らかなように、焦点深度DOFは露光光の波長λに比例して変化する。従って、露光波長λの短波長化によって解像度を向上させる方が焦点深度確保の点で有利となる。このような背景から、投影露光装置における露光光としては、従来使用されていた水銀ランプのg線（波長436nm）と呼ばれる輝線から、現在では同じ水銀ランプのi線（波長365nm）と呼ばれる輝線を使用することが主流となってきた。

【0006】 図4は、従来の投影露光装置用の水銀ランプを光源とする照明光学装置の一例を示し、この図4において、水銀ランプ1の発光点は楕円鏡2内の第1焦点F1上に配置されている。楕円鏡2の端部には水銀ランプ1の電極部を通す開口部が形成され、楕円鏡2の内面には、例えばアルミニウム又は種々の多層の誘電体材料が蒸着され、その内面が反射面として作用する。水銀ランプ1から放射された光Lは、楕円鏡2の内面で反射されて光路折り曲げ用のミラー3に向かう。ミラー3の反射面にもアルミニウム又は種々の多層の誘電体材料が蒸着され、ミラー3で反射された光が、楕円鏡2の第2焦点F2に集光され、この第2焦点F2上に光源像が形成される。

【0007】 この光源像からの発散光はインプットレンズ4によりほぼ平行な光束に変換されて、狭帯域のバンドパスフィルタ5に入射する。バンドパスフィルタ5で選択された波長の照明光がオプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ6に入射し、このフライアイレンズ6の後側（レチクル側）焦点面に多数の2次光源が形成される。これら多数の2次光源からの発散光は、光路折り曲げ用のミラー7で反射された後にコンデンサーレンズ8により集光されて、被照射面としてのレチクル9のパターン形成面を重畳的に照明する。ミラー7の反射面にもアルミニウム又は種々の多層の誘電体材料が

蒸着されている。

【0008】全体の光学系は、光路を折り曲げるためのミラー3及び7によりコンパクトにまとめられている。また、集光鏡としての楕円鏡2の内面、ミラー3の反射面及びミラー7の反射面は、それぞれ露光光の波長で最大の反射率が得られるように設計されている。図4の水銀ランプ1としては、超高圧水銀ランプが使用されるが、この超高圧水銀ランプの発光スペクトル分布を図5に示す。また、反射面にアルミニウムが蒸着されたアルミニウム反射鏡の反射率の波長依存性を図6(A)に、反射面に多層の誘電体膜が蒸着された従来の代表的な誘電体多層膜反射鏡の反射率の波長依存性を図6(B)に示す。更に、露光光がi線(波長365nm)である場合の図4のバンドパスフィルタ5の透過率の波長依存性を図7に示す。このような構成により、i線の照明光が選択され、この選択された照明光によりレチクル9のパターンが均一な照度分布で照明され、レチクル9のパターンの像が図示省略された投影光学系を介して感光基板上に結像されていた。

【0009】上記の如き従来の照明光学装置を、外界に開放された状態で運転した場合、水銀ランプ1からバンドパスフィルタ5までの光学部材(図4の場合、楕円鏡2、ミラー3、インプットレンズ4、バンドパスフィルタ5の入射面)の表面に曇り現象が発生し、反射率、あるいは透過率が次第に低下して、照明効率が低下するという不都合があった。この曇り現象は光学部材に曇り物質が付着したことに起因することが分かった。そして、イオンクロマト法による分析の結果、曇り物質の多くが硫酸アンモニウム($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)であることが判明した。

【0010】また、ESCA、SEM(走査型電子顕微鏡)等で分析した結果、酸化珪素(SiO_x)がレンズ、及びミラーの表面に付着している場合もあった。酸化珪素が付着していると、表面が滑らかでない場合は散乱を生じる。仮に表面が滑らかであっても、反射防止膜又は高反射膜に酸化珪素が付着した場合には、反射防止膜あるいは反射膜が適正条件から外れることとなり、透過率又は反射率が低下して、結果として照度低下を招いていた。それらの曇り物質は、何らかの要因で存在するアンモニウムイオン(NH_4^+)及び硫酸イオン(SO_4^{2-})、あるいは有機シランノールが、光学部材の遠紫外光(UV光)の照射部に光化学反応的に付着したものと考えられる。

【0011】これらのイオンまたは化合物分子は、照明光学系中に保持部材、及び遮蔽部材として多く使用されているブラックアルマイト(BAM)材等の表面から発生したもの、或いは空気中に元々存在するか、UV光の照射によってイオン化したものであると考えられてきた。ブラックアルマイト材の場合、ジアゾ染料が使用されており、また、ブラックアルマイト処理工程で硫酸を使用するため、硫酸の構成物質であるアンモニウム基及び硫酸基の発生源となり得る。ブラックアルマイト材に窒素

(N_2) 雰囲気、酸素(O_2) 雰囲気、及び水蒸気を多く含む通常の空気雰囲気の中でそれぞれUV光を照射し、光学部材の汚れを測定して比較した結果、水蒸気を含む空気中で最も多くアンモニウム基及び硫酸基が発生し、次に酸素(O_2) 雰囲気中でこれらのイオンが多く発生した。即ち、空気中の水の介在によって汚れが促進される可能性が高いことが確認された。

【0012】また、酸素(O_2) にUV光を照射すると反応性に富んだオゾンとなり、それが保持部材等の壁面からのイオン発生や空気中のガスのイオン化を促進していることも考えられる。しかしながら、酸化珪素の発生源は照明光学装置内には見つけることは出来なかった。装置の汚れ具合の設置環境依存性を調べた結果、クリーンルーム内にはアンモニウム基、硫酸基、硝酸基のイオン性の物質が多く存在していることと、場所によってはHMDS(ヘキサメチルジシロキサン)、トリメチルシラン等の有機シランが多く検出された。HMDSはウエハ上に感光材料を塗布するときに表面処理材としてよく用いられる材料であり、トリメチルシランはHMDSが加水分解してできる物質である。調査の結果、光学部材の曇り物質の量と環境中に含まれている上記不純物の量との間に極めて良い相関関係があることが分かった。このように光学部材の汚れ具合、状況を詳細に検討してきた結果、曇り物質の源は装置内にあるのではなく、装置を設置する環境にあることが判明した。

【0013】また、近年、半導体集積回路の集積度が更に上がり、回路の最小線幅をサブミクロン単位で形成することが要求されるようになってきた。このような回路の微細化に対応するための一手段として、半導体集積回路作成用の投影露光装置に波長の短い露光光を使用することが考えられ、現在波長248nmのKrFエキシマレーザ光、或いはチタン-サファイアレーザの高調波、波長266nmのYAGレーザの4倍高調波、波長213nmの5倍高調波、或いは波長213nmのArFエキシマレーザ光等が注目されている。

【0014】また、従来g線、i線等波長が長い光源を使用した露光装置による半導体パターンの形成は、ウエハ上にノボラック系と呼ばれるノボラック樹脂と感光材料とからなるフォトレジスト(感光性樹脂)を塗布し、それを露光及び現像するという既に安定したプロセスにより行われてきた。ところが、光源の波長が例えばKrFエキシマレーザの波長(248nm)のように短くなると、樹脂の光吸収が増大する等の理由から、このノボラック系フォトレジストでは形状の良いパターンを形成することができない。そこでエキシマレーザ等の短波長の光源を用いた露光装置向けとして、化学増幅型と呼ばれる新しいタイプのフォトレジストが登場し、そのパターン形成特性、解像力等の特性の良さが注目され現在の主流となってきている。化学増幅型フォトレジストは、一般的に樹脂、感光性の酸発生剤、溶解促進剤又は架橋

5

剤等の成分からなり、露光によって酸発生剤から酸が発生し、露光後のベーキング (PEB) 時にその酸が触媒となって溶解促進剤又は架橋剤の反応を促し、現像によってパターンを形成するというものである。溶解促進剤を用いたものはポジ型のパターンを形成し、架橋剤を用いたものはネガ型のパターンを形成する。

【0015】これらの紫外光を用いた露光装置用のフォトレジストとして使用されている化学増幅型フォトレジストは解像力の面からは優れるが、PEBの際露光時に発生した酸の触媒作用の制御が難しく、安定性に欠けるといった問題がある。特にポジ型のフォトレジストの場合は、露光からPEBの間に空气中にアンモニアやアミン等の塩基性のガスがあると、発生した酸が反応して空气中に逃げ、フォトレジスト表面に難溶化層ができるといった現象も生じている。難溶化層ができると、形成されたパターンは上部に「ひさし」をもつT型になり (Tトップ現象)、エッチング等の後工程に大きな支障となってしまう。クリーンルームの空气中にはこれらのガスが存在していることも少なくないため、化学増幅型フォトレジストの使用を妨げる要因となっていた。言い換えると、アンモニアのように光学部材の表面の曇り物質の原因となる物質等により、化学増幅型フォトレジストの使用が困難となっていた。

【0016】これに関して従来より、例えば照明光学装置の内部を流通する空気用のフィルタとして、塵除去用のHEPAフィルタ (High Efficiency Particulate Air Filter) が従来から使用されている。また、硫酸アンモニウムの分解が120℃程度から始まることを利用して (化学大辞典編集委員会編:「化学大辞典」Vol.9, P690, 共立出版1964参照)、上記光学部材を当該温度以上に保つことにより硫酸アンモニウムの付着を回避する方法が、本出願人による特開平4-128702号公報に開示されている。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、HEPAフィルタはパーティクル除去用のフィルタであるため、上述の様な光化学反応を引き起こすアンモニア (アンモニウムイオン)、硫酸イオン、酸化珪素等不純物を除去することはできないという不都合があった。また、光学部材を所定温度以上に保つ手法に関しては、水銀ランプという大きな「熱源」に近接する集光鏡は比較的容易に高温化が可能であるが、その他の光学部材は、かなり大きな新たな熱源を必要とすることから、特に厳重な温度管理を必要とする半導体等を製造するための露光装置の場合、その排熱方法が問題となる。

【0018】以上の不都合を解消して、特に問題となる硫酸アンモニウム ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) の付着を回避するための一方法として、化学吸着機構を有するフィルタ (所謂ケミカルフィルタ) を用いて、空气中のアンモニア又は硫酸イオン等を除去する方法が考えられる。また、化学増

6

幅型レジストに於ける表面難溶化層の形成を回避する手法としても、化学吸着機能を有するフィルタ (ケミカルフィルタ) により、空气中のアンモニアや塩基性ガスを除去する方法が考えられる。

【0019】しかしながら、照明系の曇り現象や、化学増幅型フォトレジストを使用することにより発生するTトップ現象は、不純物ガス濃度が極めて低濃度でも起こることが知られており、特にアンモニアの場合は数ppb存在するだけでTトップ現象が発生することが分かっている。このようなppbオーダーの不純物をフィルタリングするには、種々の技術的な困難を伴う。その内の主な困難がケミカルフィルタの寿命の判定方法である。ケミカルフィルタの寿命は、使用される環境により大きく依存する。ところが、通常の半導体製造工場のクリーンルームにおける環境空气中の不純物ガス濃度は一定とは言い難く、製造装置の稼働状況、工程の内容、作業者の人数、工場の周囲の環境や季節等によって大きく変動する。そのため、ケミカルフィルタへの通気量が一定であっても、フィルタを通過する不純物の量は変動する。

【0020】また、ppbレベルのガス濃度はイオンクロマト法や、ガスクロマトグラフ法でも測定限界付近の濃度であることから、露光装置の周囲のガス濃度からフィルタ寿命を判断するためには膨大な時間と経費を要するという不都合がある。更に、現在市販されている各種のガスセンサ等の測定限界は、高々1ppm程度なので、それらのガスセンサをケミカルフィルタの下流側に設置することでケミカルフィルタの寿命診断をするということは、使用用途から考えて無意味である。

【0021】本発明は斯かる点に鑑み、照明光学装置内の光学部材に不要な曇り現象を生じ、又は化学増幅型レジストを用いる際にTトップ現象を起こす不純物を極めて低濃度レベルまで除去する手段を備え、且つその手段の寿命を簡易的に判定することのできる露光装置用のフィルタ装置を提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明による露光装置用のフィルタは、露光装置の周囲で所定方向に流れる気体用のフィルタ装置において、アンモニア (アンモニウムイオンを含む)、アミン系化合物 (アミンイオンを含む)、硫酸化合物 (亜硫酸イオン、硫酸イオンを含む)、及び珪素化合物 (酸化珪素イオンを含む) よりなる物質群から選ばれた所定の物質をその気体から除去するフィルタ手段 (42) と、このフィルタ手段に対するその気体の流入側でその所定の物質を吸着する吸着体 (43) と、この吸着体に吸着される物質の量を計測する計測手段 (53, 54, 57) と、この計測手段による計測結果に基づいてそのフィルタ手段 (42) の寿命を判定する判定手段 (58) と、を設けたものである。

【0023】この場合、その計測手段の一例は、その吸着体 (43) の共振周波数を検出する周波数検出手段

7

(53, 54)と、この周波数検出手段の検出結果よりその吸着体(43)に吸着された物質の量を求める演算手段(57)とから構成されるものである。また、そのフィルタ手段(42)からのその気体の排出口に塵除去用のフィルタ(44)を設置することが望ましい。

【0024】更に、その露光装置が外気と隔離されたチャンバ(50)内に設置されている場合に、そのフィルタ手段(42)及びその吸着体(43)をそのチャンバ(50)に対する外気の導入口に設置してもよい。

【0025】

【作用】斯かる本発明の露光装置用のフィルタによれば、所定の有害イオン及び有害な有機ガスの少なくとも一部をフィルタ手段(42)により除去したクリーンな空気を露光装置の周囲に導入するので光学部材の白い曇りが減少するか、又は化学増幅型レジストを用いる際のTトップ現象が減少する。また、フィルタ手段(42)の上流側に所定の不純物を吸着する吸着体(43)を設けてその吸着体に吸着される不純物の量からフィルタ手段(42)の寿命を判定するので、検出対象の不純物ガスの濃度は容易に測定できる程度に高い(例えばp

【0026】これに関して、フィルタ手段(42)の寿命を判定するには、先ずフィルタ通過後の気体中に含まれる不純物ガスの濃度を測定する方法が考えられる。ここで問題としているフィルタ手段(42)の寿命とは、フィルタ通過後の気体中の不純物ガス濃度が例えば数ppbより大きくなってしまふ時点をいう。Tトップ現象を抑制するためにアンモニアを除去する場合に言えば、フィルタ手段通過後の濃度が1ppb以上になった時点が、そのフィルタ手段の寿命と考えられる。現在のところ、アンモニア濃度を1ppb前後で測定する方法は、イオンクロマト法しかないが、サンプリング時間を数時間必要とし、1回の分析に要する費用も高価でフィルタ寿命の判定法としては実用的な方法ではない。他のイオンや有機ガスについても同様なことが言える。

【0027】ところが、本発明においては、フィルタ手段(42)の上流側において且つ吸着体(43)で積算された形で不純物のガス濃度を測定するので、従来のようにフィルタの下流側で濃度自体を測定する場合に比べて極く微量のガス濃度であっても支障なく検出し、フィルタ手段(42)の寿命を正確に判定することができる。

【0028】また、吸着体(43)の共振周波数からフィルタ手段(42)の寿命を判定する場合には、フィルタ手段(42)を通過する所定の不純物の量に比例して吸着体(43)の共振周波数が変化するので、その周波数を測定するだけでフィルタ手段(42)に流入する不純物の積算量、ひいてはフィルタ手段(42)の寿命が判定できる。

8

【0029】更に、フィルタ手段(42)からの気体の排出口に塵除去用のフィルタ(44)を設置すれば、光学部材に悪影響を与える金属粉等の細かい塵成分が除去されると共に、そのフィルタ手段(42)から発生する恐れのある塵も除去される。また、フィルタ手段(42)及び吸着体(43)を外気と隔離されたチャンバ(50)に対する外気の導入口(48)に設置すれば、チャンバ(50)内に導入される空気中の有害イオン及び有害物質が減少するので、光学部材の汚れが防止されるだけでなく、露光動作時のウエハ上でのアミンガスと化学増幅型ポジレジスト被露光部の反応も低減する。

【0030】

【実施例】以下、本発明による露光装置用のフィルタ装置の一実施例につき、図1～図3を参照して説明する。本実施例は半導体素子製造用の投影露光装置の照明光学系に本発明を適用したものであり、図1及び図2において図4に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。また、本実施例でも照明光として水銀ランプのi線(波長365nm)を使用する場合を扱う。

【0031】図1は本実施例の露光装置の照明光学装置の光学系の一例を示し、この図1において、水銀ランプ1から放射された光は、楕円鏡2の内面で反射れて光路折り曲げ用のミラー3に向かう。ミラー3としては、紫外光を反射して可視光及び赤外光を通過させるダイクロイックミラーを使用する。ミラー3で反射された光がインプットレンズ4に入射する。インプットレンズ4から射出された光がバンドパスフィルタ5に入射し、バンドパスフィルタ5により選択されたi線よりなる照明光がフライアイレンズ6に入射し、フライアイレンズ6の射出面に形成される多数の2次光源像からの照明光が不図示のリレーレンズ系に向かう。このリレーレンズ系は、図4のフライアイレンズ6とコンデンサーレンズ8との間に配置され、レチクル9との共役面を生成するためのレンズ系である。また、バンドパスフィルタ5としては干渉フィルタが使用される。

【0032】また、図1において、ミラー3を透過した光は、不図示のランプモニター、ウエハグローバルアライメント(WGA)光学系、及びオートフォーカス(AF)光学系へ導かれる。ランプモニターは水銀ランプ1の発光量をモニターするための光電変換器、WGA光学系はレチクルのパターンが投影されるウエハのおおまかなアライメントを行うための光学系、AF光学系はウエハ上に斜めにフォトレジストに対して非感光性の検出光を照射して、ウエハのフォーカス位置を検出するための光学系である。

【0033】図1中で、★印を付した面、即ち楕円鏡2の内面、ミラー3の反射面、インプットレンズ4の両面、及びバンドパスフィルタ5の入射面が、曇り防止対策を講じなかった場合に、曇り現象が現れた面である。

これまで、バンドパスフィルタ5の後続の光学部材で

9

は、顕著な曇り面は現れていない。これより、曇り現象は365nm未満の波長域の光が関与する光化学反応であることが想定できる。

【0034】本実施例では、楕円鏡2からバンドパスフィルタ5の入射面までの曇り現象がみられる領域で、楕円鏡2を除く各光学部材に、化学的にクリーンな空気からなるエアーカーテンを形成して、化学的なクリーン度の落ちる雰囲気から光学部材を遮断し隔離する。ここでいう化学的にクリーンな空気とは、後述するように一般にケミカルフィルタと呼ばれる不純物除去フィルタを用いて、照明系の曇り原因物質であるアンモニウムイオン（又はアンモニア）や硫酸イオン等を化学吸着機構により、有機シリノール等を物理吸着機構により除去したものである。

【0035】ケミカルフィルタに空気を通過させる方法としては、発塵が問題となる場合にはケミカルフィルタと塵除去用のHEPAフィルタ、及び送風用のファン等をユニット化する方法がある。この場合、ケミカルフィルタを効率よく使うために、空気の流れをケミカルフィルタ面で均一化することが望ましい。また、ケミカルフィルタを通過した後の空気中でパーティクル（塵粒子）に関してクリーン度が問題にならない場合や、1次側空気、ケミカルフィルタ及び送風ファンの発塵性が問題にならない位低い場合は、その構成からHEPAフィルタを除いても差し支えない。また、その際に1次側空気に十分な陽圧がある場合や、2次側に十分な陰圧がある場合は更に送風ファンを上記構成から除いても差し支えない。

【0036】エアーカーテンは各光学部材毎に個別に形成しても良いし、近接した光学部材ならば、複数の光学部材に対してまとめて広範囲のエアーカーテンを形成しても良い。図1では、インプットレンズ4単体に対してエアーカーテンを形成した場合を示し、他の光学部材に対してエアーカーテンを形成する機構は図示省略している。

【0037】即ち、図1において、不図示の温調ユニットからの空気をパイプ34を介してケミカルフィルタ42（図3参照）が搭載されたフィルタユニット35に導き、フィルタユニット35で不純物が除去されたクリーンな空気を、送風ファン45、HEPAフィルタ44及びパイプ36を介してエアーカーテン形成用の吹き出し口37に導き、吹き出し口37からインプットレンズ4の周囲にクリーンな空気を吹き出す。その吹き出し口37は、照明用光路の邪魔にならない位置に配されている。

【0038】即ち、フィルタユニット35の下流側には、塵除去用のHEPAフィルタ44が設置されている。このHEPAフィルタ44では、圧力損失が大きいのでその前に送風ファン45が設置されている。但し、前述のようにケミカルフィルタを通過した後の空気中でパーティクル（塵粒子）に関してクリーン度が問題になら

10

ない場合や、1次側空気、ケミカルフィルタ及び送風ファンの発塵性が問題にならない位低い場合は、その構成からHEPAフィルタ44を除いても差し支えない。また、その際に1次側空気に十分な陽圧がある場合や、2次側に十分な陰圧がある場合は更に送風ファン45を上記構成から除いても差し支えない。

【0039】通常は、HEPAフィルタ44が使用されるので、その圧力損失が大きいことから、1次側の空気は送風ファン45等で2次側へ圧送する。その際に、フィルタ通過後の空気へ、配管等からの不純物の混入がないように、パイプ36等材質の選定に留意する必要がある。また、2次側の空気の引き回しはできる限り望ましい。

【0040】更に、有害イオン発生を抑えるためには、発生源となっている保持材及び遮蔽材をよりイオン発生が少ない材料に変更し、また、酸素（ O_2 ）の影響を少なくするため、高純度の窒素ガス（ N_2 ）を流すことが考えられる。但し、照明光学系全体に窒素（ N_2 ）ガスを流すためには相当量の窒素（ N_2 ）が必要であり、窒息の可能性がある等の点から、照明光学系の排気管理を徹底させる必要がある。

【0041】更に水銀ランプ1、楕円鏡2及びミラー3を覆うようにダクト39が取り付けられ、ダクト39の楕円鏡2の端面の近傍の吹き出し孔39aから、シロッコファン等を介して水銀ランプ1の冷却用の空気流40が供給されており、この空気流40は楕円鏡2の底部のダクト39の排気孔39bから強制的に排気されている。また、ダクト39の内部の楕円鏡2とミラー3との間に、水銀ランプ1からの光を通過させる開口を有する仕切り板41が固定され、ダクト39のインプットレンズ4に面する開口39cから流入した空気が、仕切り板41の開口を経て排出孔39bから強制排気されている。また、ミラー3を透過したランプモニター、WGA光学系、及びAF光学系用の光は、ダクト39の側面の透過窓を介して外部に取り出されている。

【0042】この場合、楕円鏡2には水銀ランプ1からの熱が照射されると共に、楕円鏡2の付近に多量の冷却用の空気流40が存在するため、ここにエアーカーテンを張ることは困難である。そのため、楕円鏡2に関しては温度コントロールにより硫酸アンモニウムの付着を防止する。光学部材への硫酸アンモニウム（ $(NH_4)_2SO_4$ ）の付着を回避するための温度コントロールとは、前述のように硫酸アンモニウムの分解が120℃程度より始まることを利用して（化学大辞典編集委員会編：「化学大辞典」Vol.9, P690, 共立出版1964参照）、その光学部材を当該温度以上に保つ方法である。大きな熱源である水銀ランプ1に近接する楕円鏡2は比較的容易に高温化が可能である。

【0043】図2は、図1のフィルタユニット35の内部構造を拡大して示す概略構成図であり、この図2にお

いて筒状のケーシング51の途中にケミカルフィルタ42が固定され、ケミカルフィルタ42の上流側のケーシング51a内には、流体ガス中の所定の物質の積算流量を計測するガスセンサ43が配置されている。このガスセンサ43は、水晶振動子(ATカットタイプ)43a及びこの振動子43aの表面に塗布された吸着膜43bよりなる。水晶振動子43aの一端にトランスデューサ52が取り付けられ、トランスデューサ52は水晶振動子43aを挟む電極板、及び水晶振動子43aの振動を電気信号に変換する変換器(ボイスコイルモータ等からなる)より構成されている。そして、マイクロプロセッサ(MPU)55中の制御部56からのスタート信号に応じて、駆動部53がトランスデューサ52を介して水晶振動子43aに広い周波数の振動を与え、トランスデューサ52からの電気信号を周波数測定部54で解析して、水晶振動子43a及び吸着膜43bの共振周波数を*

$$\text{共振周波数の変動 } dF = -2 \cdot F_0^2 \cdot \Delta M / (\nu \cdot S \cdot \rho) \quad (3)$$

但し、 F_0 は基本共振周波数、 ν は水晶振動子の厚み方向に伝搬するバルク横波速度(3,320m/s)、 S は電極面積、 ρ は水晶の密度($2.65 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)、 ΔM は吸着膜43bの質量変化である。

【0046】吸着対象ガスとしてアンモニアを例にとり詳細な説明を行う。この場合、水晶振動子43aの表面を被覆する吸着膜43bのベースとして高分子膜を用いる。ガスセンサのセンサ面にこの高分子膜をLB法にて成膜する。ここでLB法とはラングミュア・プロジェクト法のことであり、単分子や数分子の層からなる薄い膜を作る方法である。多孔質の高分子膜中に、対象ガスと反応するセンサ物質を固定し、反応生成物を保持することのできる物質を成膜材料として選ぶ。高分子材料としては、極めて薄膜化が可能な物質が望ましく、代表的なものとしてセルロースが挙げられる。センサ物質としては、例えばリン酸(H_3PO_4)、又は過マンガン酸カリ(KMnO_4)等が選択される。

【0047】環境気体中のアンモニア(アンモニウムイオンを含む)は、水晶振動子43a上の吸着膜43b中のリン酸と中和反応を起こし、吸着膜43b上に固定される。中和反応したアンモニアは脱離することはないので、ケミカルフィルタ42を通過する総アンモニア量に比例した量のアンモニアがガスセンサ43の吸着膜43bの表面へ継続的に吸着される。

【0048】ここで、図2のケミカルフィルタ42の作用について説明する。図3は、ケミカルフィルタ42の前後(上流側、下流側)のアンモニア濃度を示す図である。図3(A)は、活性炭等を用いたケミカルフィルタにより主に物理吸着によりアンモニアを吸着する実験例を示し、図3(B)は、イオン交換繊維等を用いたケミカルフィルタにより主に化学吸着によりアンモニアを吸着する実験例を示す。なお、図3(A)、(B)において、横軸に時間を、縦軸にアンモニアの濃度をとる。

*求め、この共振周波数をマイクロプロセッサ55中の演算部57に供給する。演算部57は、その共振周波数から最初の共振周波数を差し引いて変化分 ΔF を求めて判定部58に知らせ、判定部58はその変化分 ΔF からケミカルフィルタ42が寿命に達したかどうかを判定する。なお図2中の矢印はガス(空気)の流れる方向を示す。

【0044】次に、ケミカルフィルタ42の上流側に設置されたガスセンサ43の動作について説明する。ガスセンサ43の水晶振動子43aの表面は所定の吸着膜43bで覆われている。この吸着膜43bとしては、吸着対象ガスに応じて最適な材料が選択される。

【0045】吸着膜43bにガスが吸着されると、吸着膜43bに質量変化が生じ、それに伴い下記式(3)のように共振周波数が変化する。

【0049】図3中、曲線 $f(t)$ は上流側濃度、 $g(t)$ は下流側濃度を示す。上流側濃度 $f(t)$ は実際には破線の如く変動しているが、便宜上その平均値を C_1 として計算する。下流側のフィルタ破過濃度(フィルタの寿命の判断材料となる下流側濃度)を C_2 とすると、直線 $Y=C_2$ と曲線 $Y=g(t)$ との交点Rの垂線の足 T_c がフィルタ寿命となる。

【0050】ここで、フィルタ破過時迄の総アンモニア量を Q とすると下記(4)式が成立する。

$$Q = \int f(t) dt = C_1 \cdot T_c \quad (4)$$

しかし、一般にクリーンルームの環境条件の違いあるいは季節的要因等により $f(t)$ が大きく変動するため、通常 C_1 を決定するのは困難である。

【0051】ところが、本実施例では、ケミカルフィルタ42の上流側にガスセンサ43が設置されている。このガスセンサ43の示す、共振周波数の変化 dF を積分したものは、総アンモニア量 Q に比例するので、フィルタ破過時にガスセンサ43の示す共振周波数の初期値からのずれ量 F_1 (以降、「破過周波数」という)については以下の関係が成り立つ。

【0052】

$$F_1 = \int dF = \alpha \cdot Q \quad (5)$$

ここで、 α は処理風量、設置条件等により決定される係数、 Q は各ケミカルフィルタに固有の量であり、共に実験的に決定可能な量である。実験による決定の方法を具体的に示すと、実験系が実際の系と違う場合、例えばパーミュエーターや、標準アンモニアガスによって人工的に上流側アンモニア濃度をほぼ一定(但し、極端な高濃度ではケミカルフィルタの反応機構が変化するので数十ppb程度に抑える必要がある)に保ちながら、ケミカルフィルタの上流及び下流側濃度をイオンクロマトグラフを用いて測定し、その濃度の経時変化を調べて寿命 T_c を実際に判定し、上記(4)式により総アンモニア量

13

Qを決定するのである。このときの実験系は実際に使用する系と流体力学的に相似でなければならない。実験系が実際の系と同一であれば、実際にガスセンサを設置して係数 α 、破過周波数 F_1 を直接測定すればよい。

【0053】ここで得られたフィルタ破過時までの総アンモニア量Q、係数 α 及び破過周波数 F_1 の値は図2の判定部58に記憶される。実稼働時には、ガスセンサ43の水晶振動子43aの共振周波数を常時又は必要に応じて周波数測定部54により測定し、その測定値を演算部57に送信する。演算部57は、供給された共振周波数から最初の共振周波数を差し引いて周波数の変化分 ΔF を求める。これは、(3)式より吸着膜43bに吸着された物質の量を間接的に求めるので等価である。判定部58は、その変化分 ΔF が先に記憶されたフィルタ破過時までの破過周波数 F_1 に達したときには、ケミカルフィルタ42の寿命であると判定する。なお、演算部57で実際に(3)式より吸着された物質の量 ΔM を求め、この量 ΔM に基づいて判定部58で寿命の判定をしてもよい。

【0054】ここで肝要なのが、通常のクリーンルームのアンモニア濃度は数十ppb程度であることから脱着型のガスセンサではアンモニア濃度が感知できないという点である。本実施例では、その問題を解決するために、ガスセンサ43の吸着膜43bに、通過するガスを吸着及び固定する性質を持たせている。このことで、アンモニアの通過量の算出が可能となる。

【0055】このように、ケミカルフィルタ42の上流側に積算型のガスセンサ43を設置し、総処理量を測定することで、種々の環境下に設置し使用されるケミカルフィルタの寿命を判断することができる。アンモニア以外の不純物ガスについても同様である。但し、ガスセンサの吸着膜(センサ物質)としては、処理するガスを吸着及び固定できる物質から最も有効なものが選択される必要がある。

【0056】アンモニアに対するセンサ物質としては、上記リン酸の他に塩化亜鉛($ZnCl_2$)等を用いても良い。また、硫酸用のセンサ物質としては、水酸化カリウム(KOH)や水酸化カルシウム($Ca(OH)_2$)等が挙げられる。更に、図1では個別の光学部材に対してエアーカーテンを形成する場合の他、外気を温調して露光装置が設置されたチャンバールーム内へ取り込む外気導入口にケミカルフィルタを設置し、それによりクリーンエアをチャンバールーム内部に導入又は循環させる構成をも示している。

【0057】図1において、外気から取り込まれて不図示の温調ユニットで所定の温度に調節された空気は、循環パイプ46及びフィルタユニット35Aを経由して送風機47に導入され、送風機47により昇圧されて、HEPAフィルタ48からチャンパールーム50に吹き出される。そして

14

クリーンエアはチャンバールーム50内の所定の循環経路を経て大部分は温調ユニットに戻されるが、一部はチャンバールーム50の側壁のすき間から外部に吹き出される。この場合、フィルタユニット35Aは、フィルタユニット35と同じ機能を有する大容量のフィルタユニットである。

【0058】このようにフィルタユニット35A及びHEPAフィルタ48により不純物が除去されたクリーンエアをチャンバールーム50内に導入又は循環させることにより、露光装置内の光学部材の汚れが防止されるだけでなく、チャンバールーム50内の有害イオン及びアミンガス等有害ガスが減少するので、露光動作時のウェハ上でのアミンガスと化学増幅型レジスト被露光部との反応も低減する。これによって、化学増幅型レジストの表面難溶化、パターンのTトップ現象を防ぐことができる。

【0059】次に、図2における不純物除去フィルタとしてのケミカルフィルタ42について詳細に説明する。イオン除去用のケミカルフィルタとして、イオン交換樹脂及びイオン交換繊維等があるが、表面積及び反応速度が大きく成形加工が容易なことから気体処理用としてはイオン交換繊維が適当である。イオン交換繊維は例えばポリプロピレン製繊維から放射線グラフト重合によって作られる。イオン交換繊維には酸性カチオン交換繊維と塩基性アニオン交換繊維との2種類があり、目的とするイオンの極性によって使い分ける。本実施例では両方のフィルタを用いて、アンモニウムイオン(NH_4^+)やアミン等のプラスイオンや塩基性ガスは前者で、硫酸イオン(SO_4^{2-})又は酸化窒素(NO_x)等のマイナスイオンや酸性ガスは後者で吸着することができる。例えばアンモニウムイオン(NH_4^+)は、強酸性カチオン交換繊維との中和反応によって、低濃度でも約90%以上は吸着することが可能である。また、マイナスイオンは塩基性アニオン交換繊維との中和反応で吸着される。これらのイオン交換樹脂はあくまでイオン性の不純物の除去を目的としており、有機物質の除去には適していない。

【0060】活性炭フィルタは殆どの不純物に対して基本的に有効であるが、一般的には有機化合物の分子サイズの大きいもの、分子間力の大きいもの、水への溶解性の低いもの、極性の低いものほど吸着性は高い。従って、イオン交換樹脂で取りきれない有機物質、例えばトリメチルシラノール、HMDS(ヘキサメチルジシロキサン)等の有機シランの除去には有効である。活性炭フィルタの選定には、活性炭の表面積、平均細孔径を考慮するとともに、活性炭の形状、発塵性を考慮する必要がある。

【0061】本実施例では装置の圧力損失を考え、活性炭をウレタン繊維に含浸させたシート、或いは活性炭繊維をシート状に加工したもの、もしくはハニカム状の活性炭が望ましい。活性炭に酸性物質或いは弱アルカリ物

質を添着したものはイオン性の不純物の除去にも有効である。また、ゼオライトは活性炭と同様に殆どの不純物の除去に対して有効であり、除去する不純物のサイズに応じて細孔径を選択する必要がある。

【0062】このような、フィルタ単体でも活性炭或いはゼオライトではある程度不純物を除去可能ではあるが、こうした吸着材は最適化のため目的とする不純物の分子サイズに合わせ、細孔径を決めるため、イオン交換樹脂フィルタではイオン性物質の除去を、有機物質の除去では活性炭フィルタ或いはゼオライトフィルタというように役割を分担させ、複合化した方が効率的な場合もある。

【0063】なお、本実施例では、露光装置として投影型の露光装置を用いたが、本実施例の露光装置用のフィルタは、投影型露光装置用の照明光学装置に使用して有効であるのみならず、プロキシミティー方式、コンタクト方式の露光装置の照明光学装置のフィルタとして有効なものである。更には、紫外線を用いる全ての光学装置においても有効なものである。

【0064】このように本発明は上述実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0065】

【発明の効果】本発明の投影露光装置によれば、光学部材の白濁の原因となるアンモニウムイオン (NH_4^+)、酸化珪素イオン (SiO_4^{2-}) 等の所定のイオン又はその発生源となる有機ガスをフィルタ手段（ケミカルフィルタ）により除去するので、装置内の汚染源はかなり減少する。露光装置へこのフィルタリングを施した空気だけ取り入れ、それ以外の空気をなるべく流入しないようにすることにより有害イオン又は有害な有機ガスの新たな流入を防ぎ、光学部材の曇りの進行を遅くすることができる。更に、アンモニアのような塩基性ガスが除去されると、化学増幅型レジストを用いる際に、Tトップ現象が抑制される利点もある。また、フィルタ手段の上流側に所定の有害な不純物を吸着する吸着体（ガスセンサ）を設け、その吸着体に付着した不純物の量を測定することによりフィルタ手段の寿命を判定するので、フィルタの下流側で測定する場合に比べて流入空気中の不純物濃度が低くても、フィルタ手段の寿命を容易に判定することができる。

【0066】更に、フィルタ手段の正確な寿命判断を行うことで、化学的クリーン度の低い環境下においても高い効率で曇り低減を実現することが可能となる。また、まだ使用可能なフィルタ手段を安全率の面から破棄するといったことがなくなるため、ランニングコストの低減も図ることができる。また、フィルタ手段の選択によっては、将来問題となる可能性のある、その他の微量ガスにも対応が可能となる。

【0067】また、吸着体の共振周波数からフィルタ手

段の寿命を判定する場合には、吸着体に付着した不純物を採取する等面倒な作業がいらす、また、常時又は必要ときに不純物の付着による周波数の変動量が計測でき、その周波数の変動量に基づいて寿命判定手段により寿命を自動的に判定することができる。更に、フィルタ手段からの気体の排出口に塵除去用のフィルタを設置すれば、光学部材に悪影響を与える金属粉等の細かい塵成分が除去されると共に、フィルタ手段自体から発生する塵成分も除去される。

10 【0068】また、半導体等の製造に使用される露光装置のチャンバールームの空気取入れ口に本発明のフィルタ手段を設置すれば、チャンパー内の有害イオン又はアミンガス等有害ガスが減少するので、露光動作時のウエハ上でのアミンガスと化学増幅型レジスト被露光部との反応も低減される。これによって、化学増幅型ボジレジストでの表面離溶化、パターンのTトップ現象を防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】本発明による露光装置用のフィルタの一実施例が適用された露光装置の要部を示す構成図である。

【図2】図1のフィルタユニット35の内部及び信号処理系を示す一部断面図を含む構成図である。

【図3】(A)は活性炭等を用いたケミカルフィルタの前後（上流側、下流側）のアンモニア濃度を示す図、(B)はイオン交換繊維等を用いたケミカルフィルタの前後のアンモニア濃度を示す図である。

【図4】従来の露光装置用の照明光学装置を示す一部断面に沿う端面図を含む構成図である。

30 【図5】超高圧水銀ランプの発光スペクトル分布を示す図である。

【図6】(A)は従来のアルミニウム反射鏡の反射率特性を示す図、(B)は従来の代表的な誘電体多層膜反射鏡の反射率特性を示す図である。

【図7】従来のバンドパスフィルタ板の透過特性を示す図である。

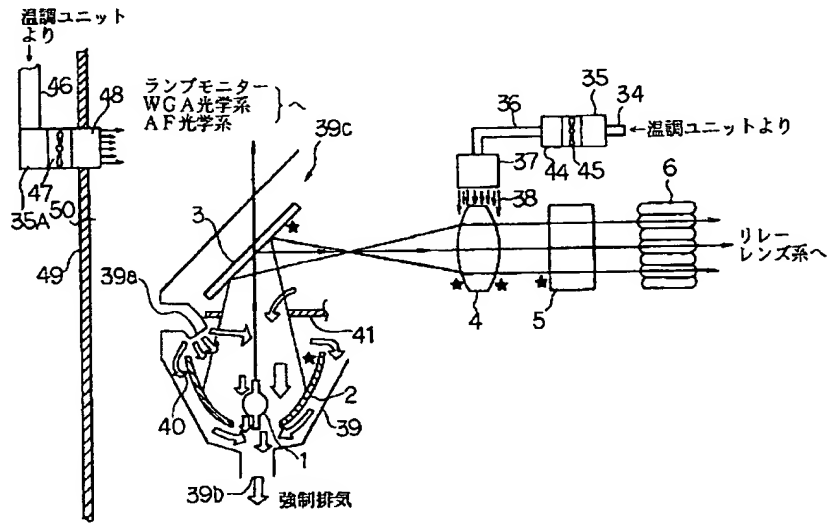
【符号の説明】

- 1 水銀ランプ
- 2 楕円鏡
- 3 光路折り曲げ用のミラー
- 40 4 インพุットレンズ
- 5 バンドパスフィルタ
- 6 フライアイレンズ
- 35, 35A フィルタユニット
- 37 吹き出し口
- 39 ダクト
- 42 ケミカルフィルタ
- 43 ガスセンサ
- 43a 水晶振動子
- 43b 吸着膜
- 50 44, 48 HEPAフィルタ

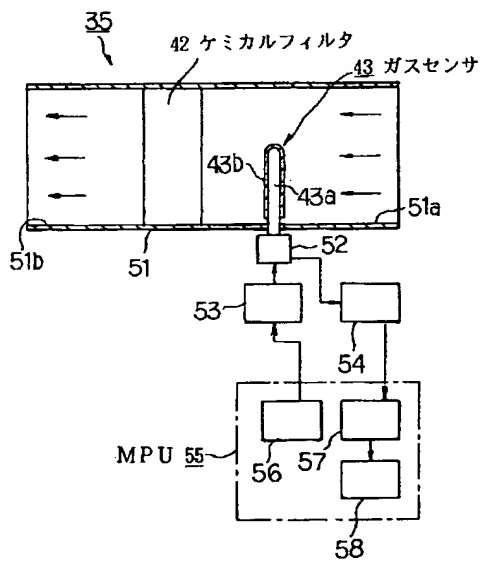
50 チャンバールーム
54 周波数測定部

57 演算部
58 判定部

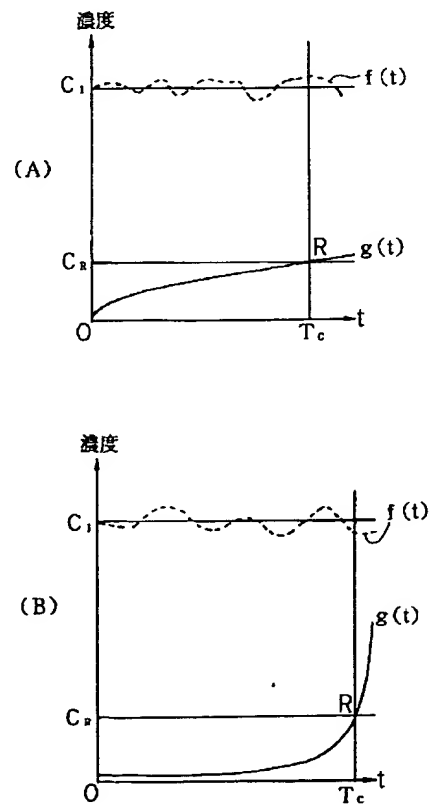
【図1】



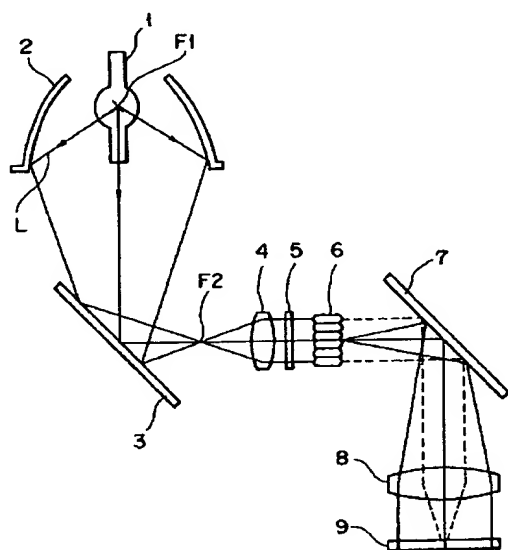
【図2】



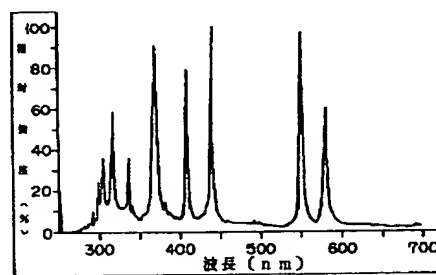
【図3】



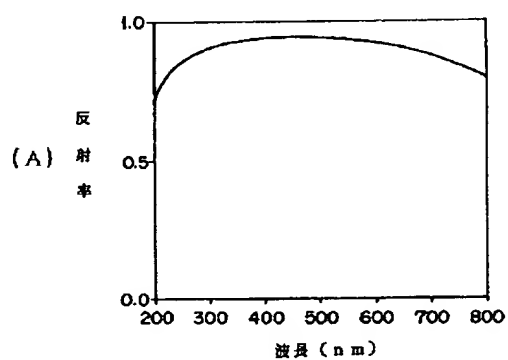
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

